水田土壤之生產力與栽培制度之關係

I 若干水田之休閑處理對第二期作水稻生育、收量之影響[1]

連 深[2]

摘要：本省稻田第一期作之前常有較長期間（3個月以上）之休閑或輪作，而第二期作則幾乎沒有，因此常有人懷疑第二期作水稻收量之低落可能和稻田之連作（即插秧前無適當之休閑或輪作）有關。惟此僅屬臆測，蓋迄今文獻對於陸稻及其他旱作之連作障礙雖有許多報告，對於湛水狀態下栽培的水稻則無。

為解答上述問題，本試驗於民國 64 年在彰化地區兩處水田（均屬粘板岩沖積土）探討第一期作期間之休閑處理對第二期水稻生育、收量之影響。民國65年繼續在其中一處水田比較第二期作前之休閑期長短對該作水稻生育、收量之影響。同時亦以彰化縣土壤四種（均屬粘板岩沖積土），在本所玻璃室內於第一期作期間給與不同休閑處理（如保持湛水狀態或旱田狀態休閑，或不休閑），復作第二期作盆栽試驗，以探討各處理間水稻生育、收量之差異情形，結果如下：

1.三處田間試驗結果，均示經第一期作期間休閑之水田在第二期作時水稻生育自始即較連作水田為優，因而單位面積穗數及粒數增加，稻穀增收15～20%。但第二期作前46天之休閑却未見增產效果。

2.盆栽試驗結果，亦示經第一期作期間湛水狀態下休閑之土壤在第二期作時水稻生長顯著優於對照的連作區水稻。但第一期作期間以旱田狀態下休閑之土壤在第二期作時却未見其水稻生長有較優的效果。

3.連作區水稻和休閑區比較，除了植株較低，分蘖較少外，並無其他特別症狀。這種生長上之差距並未因氮肥之增施而獲縮短。水稻生長期間土壤中之銨態氮含量，植物體內全氮含量以及其他要素含量亦均無連作區與休閑區之顯著差異。可見上述連作區水稻之所以較休閑區減產，並非因連作後地力氮素或土壤中其他營養要素減低所致。至於其是否與前作稻根殘渣之未能在土壤中充分分解而產生生長抑制物質有關？抑或與土壤中某種病原菌之增加有關？尚待研究。

4.從以上結果，可以推測第二期作水稻低產之原因，除了一般所論者外，與第一、二期間之休閑期短促亦有關係。但以上休閑之效果是否普遍存在？或有土壤間差異？有待檢討。

前 言

從彰化地區40處水田收量與土壤性質之關係研究 (1)，雖可肯定土壤調查以底土剖面質地及排水狀况之不同組合，所分若干典型土系間生產力之差異及其意義；但亦能確認同一土系內，甚或鄰近田區內因栽培制度或土壤管理之差異（如輪作之有無）所導致水稻生育、收量上的差異，此種土壤生產力的差異顯然與底土之剖面性質無關，而係表土性質或微生物相之變化影響所致。

本省稻田第一期作之前常有較長期間（3個月以上）之休閑或輪作，而第二期作前則幾乎沒有，因此常有人懷疑第二期作水稻收量之低落可能與稻田之連作（即插秧前無適當之休閑或輪作）有關。惟此僅屬臆測，蓋迄今文獻對於陸稻和其他旱作的連作障礙雖有許多報告 (2) (3) (4)，惟對於湛水狀況下栽培的水稻則無。實際上水稻已連作數百年，甚至數千年，迄今亦未聞任何收量低落之事。但日本或歐美等國之稻作年僅一作，每作收割後均有很長的休閑或輪作期間。返觀本省一年兩作水稻，第二

本研究承中國農村復興委員會核定76（ARDP）—1.1—A—171次計畫項下補助經費，文成蒙農復會蘇技正楠榮校閱，謹表謝忱。

1.試驗報告農試字第七九三號。　　2.臺灣省農業試驗所技正。

期作與第一期作之間殆無休閑期間，故第二期作水稻是否有連作障礙，頗有檢討必要。

鑒於上述問題，本試驗乃初步擇彰化地區兩處水田探討第一期作之休閑處理對第二期作水稻生育、收量之影響，同時亦以彰化縣土壤四種，在本所玻璃室內於第一期作期間分別給予不同休閑處理（如保持湛水狀態或旱田狀態休閑），復做第二期作盆栽試驗，以探討水稻生育、收量之差異情形，結果如下述。

試驗方法

1.田間試驗

(A) 民國64年

（1）試驗地點及土壤性質如下：

地點 Locality	土系及說明(5) Name of soil series and characteristics		表土理化性質 PH	O. M. %	Texture	CEC me/100g	Exch. me/100g K	Ca	Mg	Active Fe%
田尾（溪頂村） Tien-Wei	萬興系	粘板岩老冲積土20公分以下SiL 排水不完全。	7.8	2.5	SiCL	11.4	0.14	22.7	3.2	1.1
社頭（張厝村） Sheh-Tow	秀水系	粘板岩新冲積土20公分以下SiCL 排水不良。	7.4	3.3	SiCL	12.5	0.15	30.3	2.6	1.2

（2）試驗處理：

於民國64年第一期作期間以試驗田之一部分給予休閑處理，於第二期作時與對照區（即第一、二期作連作區）同時插植水稻（品種：臺南五號），比較其水稻生育、收量。處理內容如下：

處理 (Treatment) Fallow before the 2nd crop planting	N level (kg/ha)	處理內容
Check (Successive cropping)	90	第一、二期水稻正常連作，第二期作施N 90 kg/ha
Fallowed for the period of the lst crop	90	第一期作全作休閑[1]，第二期作施N 90 kg/ha[2]
Check (Successive cropping)	120	第一、二期水稻正常連作，第二期作施N 120 kg/ha
Fallowed for the period of the lst crop	120	第一期作全作休閑，第二期作施N 120 kg/ha

1 休閑處理區，第一期作整地後不插秧，維持浸水狀態至第二期作插秧前1～2月才翻耕表土（約15公分）曬田。但因試驗區位處水田當中，故曬田並未達徹底程度。

2 第二期作時除了氮肥用量如處理所規定外，P_2O_5，K_2O 各區均施 60 kg/ha。三種肥料均按標準法施用。

（3）試驗區面積：田尾每區 100m^2，社頭每區 26m^2，但均未設重覆。

(B) 民國65年

在田尾一處（64年試驗田之隔鄰）繼續試驗，以比較插秧前之休閑期間長短對第二期作水稻生育、收量之影響。

（1）試驗處理內容如下：

處理 (Treatment)			處理內容[2]
No.	Period of fallow before the 2nd crop planting	N level[1] (kg/ha)	
1	4 days	98	3月初湛水整地，4月26日～7月31日栽培旱稻一作。8月4日湛水整地，插植第二期作水稻，施 N98kg/ha
2	34 days	98	同上3月初湛水整地，4月5日～7月1日栽培旱稻一作。7月13日翻耕，8月4日湛水整地後插植第二期作水稻，施 N 98 kg/ha。
3	46 days	98	同上3月初湛水整地，3月10日～6月19日栽培旱稻一作。7月13日翻耕，8月4日湛水整地後插植第二期作水稻，N 98 kg/ha。
4	5 months (No cropping during) the 1st crop	98	同上於3月初湛水整地，但未插秧。其田區水分狀態保持與鄰區栽培水稻者相同。7月13日翻耕，8月4日湛水整地，插植第二期作水稻，施 N 98 kg/ha。
5	4 days	138	同1
6	34 days	138	同2
7	46 days	138	同3
8	5 months (No cropping during the 1st crop)	138	同4

1 第二期作氮肥用量如處理規定施用外，P_2O_5，K_2O各區均施 60kg/ha 。又三種肥料之施用法均約略和標準法相同。

2 第二期作均插植水稻臺南5號。

（2）試驗設計：小區面積25平方公尺，逢機區集，2重覆。

2. 盆栽試驗：

（1）供試土壤種類及性質如下：

採土地點 Locality	所屬土系及說明 Name of soil series and characteristics		表土理化性質 PH	O. M. %	Texture	CEC me/100g	Exch. me/100g K	Ca	Mg	Active Fe%
田尾（溪頂村）Tien-Wei	萬興系	同上表	7.6	2.2	SiCL	10.8	0.15	23.0	3.2	1.1
社頭（湳底村）Sheh-Tow	秀水系	同上表	7.4	3.1	SiCL	11.9	0.11	30.8	1.8	1.4
永靖（新莊村）Yong-Ching	秀水系	粘板岩老沖積土20公分以下SiCL 排水不良	7.5	3.6	SiCL	16.8	0.25	34.3	3.8	1.5
田中（新庄里）Tien-Chung	平和系	粘板岩老沖積土20公分以下SiL 排水良	5.2	2.9	SiCL	10.1	0.13	5.8	1.3	0.63

（2）試驗處理：於民國63年12月間自上列地點採取表土分別裝盆，每盆 4.5 kg ，並於翌年2月底至6月13日（即第一期作）期間給予各種休閑處理，於第二期作時與對照區（第一、二期作連作）同時（7月10日）插植水稻（品種：臺南五號），比較水稻生育收量。處理內容如下：（每處理設2重覆）

處理 (Treatment)		處理內容
Fallow before the 2nd crop planting	N level	
Check (Successive cropping)	N_1	第一、二期水稻連作，第二期水稻每盆施氮一倍量。
〃	N_2	同上，第二期作每盆施氮二倍量。
Dry fallow for the period of the 1st crop	N_1	第一期作不栽水稻，土壤水分保持田間容水量或稍乾旱狀態，第二期作插秧前才浸水，每盆施氮一倍量。
〃	N_2	同上，第二期作每盆施氮二倍量。
Flood fallow for the period of the 1st crop	N_1	第一期作不栽水稻，土壤維持湛水狀態。第二期作每盆施氮一倍量。
〃	N_2	同上，第二期作每盆施氮二倍量。

第一期作各處理區均於7月10日插秧，並於一週前施肥，氮素用量 N_1 N_2 每盆各施硫酸銨2.5及5.0克，磷鉀則各區均施 K_2HPO_4 1克。

上述水稻於8月12日收割地上部，調查乾物量並測定植物體中各種要素含量。水稻栽培期間並曾安置白金電極於土壤中，測定 Eh 。

試驗結果

1. 田間試驗

民國64年：

經第一期作期間不同休閑處理之各區水田，在第二期作之穀收量及收量構成要素如表1。其各生育期水稻乾物量及植物體內各種要素營養情形如表2。

表1 第一期作全作期間之休閑處理對第二期作稻穀收量之影響

（民國64年，中部粘板岩冲積土）

Table 1. Effect of fallow during the first crop season on the yield and yield components of the second crop rice with two nitrogen levels. (slate alluvial soil, central Taiwan 1975).

a. 田尾 (Tien-Wei township)

Treatments		Grain yield		Yield components			
Fallow before planting	N kg/ha	t/ha	Index	Panicle No. per m²	Grain No. per panicle	Filled grain %	1000 grain wt. (g)
Check (Successive cropping)	90	3.98	100	234	85.1	89.1	22.6

Fallowed for the period of the lst crop	90	4.58	115	275	86.0	86.2	22.6
Check (Successive cropping)	120	4.01	100	244	86.1	87.8	21.9
Fallowed for the period of the lst crop	120	4.72	118	284	86.4	86.3	22.4

b. 社頭 (Sheh-Tow township)

Treatments		Grain yield		Yield components			
Fallow before planting	N kg/ha	t/ha	Index	Panicle No. per m²	Grain No. per panicle	Filled grain %	1000 grain wt. (g)
Check (Successive cropping)	90	4.82	100	296	76.7	88.6	24.0
Fallowed for the period of the lst crop	90	5.47	114	319	80.3	87.5	24.3
Check (Successive cropping)	120	4.48	100	274	79.2	87.1	23.6
Fallowed for the period of the lst crop	120	5.51	123	318	82.7	88.8	23.6

表 2　各處理區水稻之生長情形及無機要素含有率（民國64年，第 2 期作）

Table 2. Effect of fallow during the first crop season on the dry weight and element contents of the second crop rice with two nitrogen levels. (slate alluvial soil, central Taiwan, 1975)

a. 田尾 (Tien-Wei township)

Treatments		Dry wt.	Element contents[1]						
Fallow before planting	N[2] (kg/ha)	g/hill	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
24 days after transplanting									
Check (Successive cropping)	36	1.50	3.97	0.44	3.81	0.41	0.21	850	250
Fallowed for the period of the lst crop	36	2.51	4.13	0.45	3.81	0.33	0.21	780	290
Check (Successive cropping)	50	1.89	3.68	0.37	3.44	0.28	0.22	830	270
Fallowed for the period of the lst crop	50	3.05	3.60	0.37	3.56	0.36	0.22	700	270
40 days after transplanting									
Check (Successive cropping)	68	9.8	2.15	0.28	3.06	0.43	0.19	600	190
Fallowed for the period of the lst crop	68	20.1	2.03	0.27	3.06	0.34	0.16	460	210

Check (Successive cropping)	90	9.3	2.07	0.28	2.94	0.46	0.19	520	200
Fallowed for the period of the lst crop	90	21.7	2.10	0.28	3.06	0.33	0.16	540	200

b. 社頭 (Sheh-Tow township)

Treatments		Dry wt.	Element contents[1]						
Fallow before planting	N^2 (kg/ha)	(g/hill)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
22 days after transplanting									
Check (Successive cropping)	36	2.75	3.48	0.37	3.06	0.55	0.27	1,000	310
Fallowed for the period of the lst crop	36	4.14	3.86	0.39	3.25	0.46	0.29	1,080	320
Check (Successive cropping)	50	3.15	3.59	0.38	3.31	0.51	0.30	2,080	320
Fallowed for the period of the lst crop	50	4.14	3.67	0.38	3.38	0.40	0.25	880	340
45 days after transplanting									
Check (Successive cropping)	68	29.3	1.55	0.27	2.06	0.58	0.19	330	280
Fallowed for the period of the lst crop	68	43.2	1.71	0.28	2.19	0.30	0.19	350	300
Check (Successive cropping)	90	19.8	1.72	0.25	1.75	0.40	0.20	430	270
Fallowed for the period of the lst crop	90	38.8	1.74	0.29	2.13	0.33	0.19	340	330

1 For N. P. K. Ca and Mg in %, while for Fe and Mn in ppm, dry weight basis.

2 The accumulated rate before sampling.

由表1可見第一期作休閑（不栽水稻）處理之效果在兩處試驗地均非常顯著；休閑處理區較連作區增收稻穀約15～20%。從收量構成要素可知休閑處理區之增收主要係由穗數之增加所致。又從表2各生育期水稻乾物重量之推移，可見休閑處理區較連作區自分蘖盛期（插秧後22天左右）即有較優生育，而此種差異保持到收穫期。但連作區水稻除植株較低，分蘖較少外，並無其他特別症狀。再觀同表水稻體內各種無機要素含量，休閑處理區與連作區亦無任何顯著差異。

生育期間各試驗區採取土壤測定土壤中或土壤溶液中之銨態氮含量，結果在二種處理區間亦無任何顯著差異發現，如表3。

表3　各處理區土壤及土壤溶液中銨態氮含量（ppm）[1] 之推移（民國64年第二期作）

Table 3. Concentration (ppm) [1] of ammonium-N in the soil and soil solution of

different plots with and without fallowing during the first crop season (2nd crop, 1975)

a. 田尾 (Tien-Wei, 24 days after transplanting)

Treatments	Soil Solution	Soil
Check (Successive cropping)	22.7	28.5
Fallowed for the period of the lst crop	20.8	28.1

b. 社頭 (Sheh-Tow)

Treatment	7 days after transplanting	17 days after planting
	Soil	Soil Solution
Check (Successive cropping)	28,2	15.0
Fallowed for the period of the lst crop	25.0	13.4

Treatment	95 days after transplanting	
	Surface soil	Sub-soil
Check (Successive cropping)	7.8	8.3
Fallowed for the period of the lst crop	7.2	9.9

1 Mean of the N_{90} and N_{120} plots, for concentration in soil, by dry wt. basis.

表 4 插秧前不同期間之休閑處理及氮肥用量對第二期作稻穀收量之影響

(田尾，民國65年)

Table 4. Effect of fallow duration before planting on the yield and yield components of the second crop rice with two nitrogen levels. (Tien-Wei, 1976)

Treatments		Grain yield		Yield components			
Period of fallow before planting	N kg/ha	t/ha	Index	Panicle No. per m²	Grain No. per panicle	Filled grain %	1000 grain wt. (g)
4 days	98	4.52	100	310	77.6	87.3	23.2
34 days	98	4.50	100	322	71.5	87.1	23.0
46 days	98	4.62	102	309	—	—	—

150 days (no cropping during the lst crop)	98	5.50	122	346	83.6	88.5	23.4
4 days	138	5.08	100	336	84.1	85.3	22.7
34 days	138	4.93	97	343	82.9	86.3	22.8
46 days	138	5.08	100	330	—	—	—
150 days (No cropping during the lst crop)	138	5.82	115	370	87.0	88.8	23.3

LSD 5% 0.39 1% 0.58

表 5 插秧前不同期間之休閑處理及氮肥用量對第二期作水稻生長及要素含有率之影響

(田尾，民國65年)

Table 5. Effect of fallow duration before planting on the dry weight and element contents of the second crop rice with two nitrogen levels. (Tien-Wei, 1976)

Treatments		Dry wt.	Element contents[1]								
Period of fallow before planting	N[2] (kg/ha)	g/hill	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
19 days after transplanting											
4 days	42	0.95	3.04	0.35	3.10	0.54	0.33	565	240	25.3	6.9
150 days (No cropping during the lst crop)	42	2.39	3.55	0.41	3.44	0.50	0.31	680	275	25.0	8.5
4 days	48	0.97	3.25	0.35	3.07	0.56	0.32	645	250	25.5	6.9
150 days (No cropping during the lst crop)	48	2.06	3.59	0.41	3.56	0.49	0.31	810	270	23.5	8.5
43 days after transplanting											
4 days	73	12.0	2.16	0.26	2.47	0.47	0.27	567	225	25.0	10.8
150 days (no cropping during the lst crop)	73	16.3	2.23	0.24	2.44	0.39	0.26	572	220	24.8	8.3
4 days	100	13.4	2.27	0.28	2.66	0.42	0.28	644	210	28.0	9.3
150 days (no cropping during the lst crop)	100	18.3	2.23	0.26	2.53	0.42	0.27	616	275	26.8	9.3

1 For N. P. K. Ca and Mg in %, while for Fe, Mn, Zn and Cu in ppm, all by dry wt. basis.

2 The accumulated rate before sampling.

水稻幼穗形成期間，曾自田間採取稻根以 α-naphthyl amine 測定其氧化力。結果休閑處理區稻根之氧化力似較連作區者有稍高的趨勢，但統計上未達顯著標準。

由上可見休閑處理區較連作區自分蘖盛期即有較優生長，以致穗數增加，穀收量亦增加。惟由水稻營養狀態却難看出二者有任何差異情形。

民國65年

民國65年在田尾一地繼續試驗（但不同一塊田）亦獲得與民國64年相似的結果：即第一期作全作休閑區稻穀收量較連作區增收達15～20%，增收之主要因素係穗數及一穗粒數之增加（表3）。但休閑的效果能達顯著程度所需期間似乎不短；表3示第一期作全作期間休閑者較不休閑者雖有15～20%之增收效果，但第二期作插秧前46或34天休閑之各試驗區却與不休閑的連作區並無收量上之顯著差異。

生長較優之第一期作全作休閑區水稻在生育初期 N P K 含有率雖較連作區略高，但因二者之絕對濃度均高，並且此種差異不久後即消失，故預料其不致構成休閑區水稻生長較優的因素。

2.盆栽試驗：

經第一期作期間（2月28日～6月13日）不同休閑處理之各盆土壤在第二期作之水稻生長情形，以地上部乾物重量表示如表6。又經變方分析（表7）後比較各處理區之平均收量，如表8。

表6　第一期作期間之不同休閑處理對第二期作水稻生長之影響

（盆栽，64年第二期作，插秧後33日，g/pot）

Table 6. Effect of dry and flood fallow during the first crop season on the growth of the second crop rice with two nitrogen levels. (pot experiment, 33 days after transplanting, 2nd crop, 1975)

Fallow treatment	Nitrogen level	Plant dry weight (g/pot)				
		Tien-Wei 田尾	Sheh-Tow 社頭	Yong-Ching 永靖	Tien-Chung 田中	Mean
Check (Successive cropping)	N_1	1.78	1.91	2.11	2.44	2.06
〃	N_2	2.08	1.51	2.17	2.29	2.01
Dry fallow for the period of the lst crop	N_1	1.51	0.63	0.75	2.41	1.32
〃	N_2	0.69	0.33	0.78	2.07	0.97
Flood fallow for the period of the lst crop	N_1	2.00	2.43	2.30	2.97	2.42
〃	N_2	2.34	2.62	3.02	3.57	2.89

表7　表6結果之變方分析

Table 7. Variance analysis of the results in Table 6.

Source of variance	Degree of freedom	Mean square	F
Soils	3	2.62	29.11**
Fallow treatment	2	9.24	102.67**

N Level	1	0.00	0.00
Soil × Fallow	6	0.46	5.11**
Soil ×N	3	0.11	1.22
Fallow × N	2	0.69	7.67**
Soil × Fallow × N	6	0.14	1.56
Error	24	0.09	

表 8　表 6 各處理區平均收量之比較

Table 8. Comparison of the mean yields of various treatments in Table 6.

Treatment	Dry wt. g/pot		
Flood fallow	2.66		
Check	2.03	0.63**	
Dry fallow	1.14	1.52**	0.89**

** Significant at P<0.01

由表 6 及表 7 可見休閑處理之效果非常顯著，且其與氮用量效果間之連應亦十分顯著；即如田間試驗 flood fallow 處理區之水稻生長顯著優於對照區，且前者對增施氮肥之效應亦較後者顯著。惟 dry fallow 處理區之水稻生長及其對氮肥增施之效應均較對照區爲劣（呈負效應），實屬意外。

由表 9 土壤 Eh 之推移及表10各處理區水稻之無機要素含有率，可見 dry fallow 區水稻生長之所以較對照區爲劣，可能和其土壤氧化還原電位（Eh）始終保持很高（如表 9 所示），還原緩慢，以致 P 之有效度低，吸收不足有關，雖然其Fe，Mn之吸收並無低減現象（表10）。

至於 flood fallow 區水稻生長之所以較對照區爲優，植物營養上除了其鉀素含量稍高（但均高達3.4%以上，故預料其不成爲限制因素）外，亦一如田間試驗看不出任何重要差異。

表 9　第一期作期間不同休閑處理土壤在第二期時 pH 及 Eh 之推移

（盆栽64年第二期作）

Table 9. Changes of pH and Eh during the 2nd crop in the soils with different fallow treatments during the 1st crop. (pot experiment, 2nd crop, 1975)

Fallow treatment		Sheh-Tow (days after transplanting)				Tien-Chung (days after transplanting)			
		0	5	18	49	0	5	18	49
Check (Double cropping)	Eh	− 195	− 213	− 250	− 210	− 115	− 153	− 213	− 175
	pH	7.00	7.15	7.20	7.00	6.30	6.20	6.00	6.55
Dry fallow for the period of the 1st crop	Eh	+ 345	+ 298	+ 303	+ 150	+ 270	+ 208	+ 85	− 255
	pH	7.50	7.15	7.15	6.95	4.20	4.40	5.05	6.10

Flood fallow for the period of the 1st crop	Eh pH	− 235 —	− 130 7.25	− 170 7.15	− 270 7.15	− 230 6.20	− 195 6.20	− 230 5.95	− 225 6.65

表10　盆栽試驗各處理區水稻之無機要素含有率[1]　　(64年第二期作插秧後33日)

Table 10. Effect of dry and flood fallow during the first crop season on the element contents[1] of the second crop rice with two nitrogen levels. (pot experiment, 33 days after transplanting, 1975).

Fallow treatment	Nitrogen level	N%			
		Tien-Wei 田尾	Sheh-Tow 社頭	Yong-Ching 永靖	Tien-Chung 田中
Check (Successive cropping)	N_1	3.92	4.18	3.80	3.97
	N_2	4.14	4.22	4.09	4.35
Dry fallow for the period of the 1st crop	N_1	4.05	3.29	3.67	4.01
	N_2	4.09	3.46	3.63	4.47
Flood fallow for the period of the 1st crop	N_1	4.09	3.82	3.71	4.30
	N_2	4.14	4.09	4.09	4.09

Fallow treatment	P %				K %			
	Tien-Wei 田尾	Sheh-Tow 社頭	Yong-Ching 永靖	Tien-Chung 田中	Tien-Wei 田尾	Sheh-Tow 社頭	Yong-Ching 永靖	Tien-Chung 田中
Check (Successive cropping)	0.46	0.32	0.36	0.53	4.04	4.03	3.75	3.50
Dry fallow for the period of the 1st crop	0.32	0.16	0.24	0.48	4.00	3.35	3.60	4.41
Flood fallow for the period of the 1st crop	0.48	0.30	0.37	0.55	4.25	4.32	3.91	4.07

Fallow treatment	Ca %				Mg %			
	Tien-Wei 田尾	Sheh-Tow 社頭	Yong-Ching 永靖	Tien-Chung 田中	Tien-Wei 田尾	Shen-Tow 社頭	Yong-Ching 永靖	Tien-Chung 田中
Check (Successive cropping)	0.41	0.38	0.46	0.34	0.26	0.24	0.28	0.28
Dry fallow for the period of the 1st crop	0.46	0.60	0.50	0.33	0.21	0.23	0.18	0.25
Flood fallow for the period of the 1st crop	0.47	0.36	0.37	0.33	0.25	0.20	0.25	0.26

Fallow treatment	Fe (ppm)				Mn (ppm)			
	Tien -Wei 田尾	Sheh -Tow 社頭	Yong -Ching 永靖	Tien -Chung 田中	Tien -Wei 田尾	Shen -Tow 社頭	Yong -Ching 永靖	Tien -Chung 田中
Check (Successive cropping)	345	440	470	525	445	430	400	200
Dry fallow for the period of the lst crop	420	530	390	545	410	960	810	305
Flood fallow for the period of the lst crop	390	405	430	615	380	335	405	250

1 Mean of the N_1 and N_2 treatments except for nitrogen contents .

討　論

由以上田間及盆栽試驗結果，可知第一期作全作期間之休閑處理對土壤生產力之增進（或恢復）有顯著效果。吳育郎等[6]在美濃一地比較栽培制度對第二期作水稻收量之影響，亦顯示第一期作全作期間之休閑或旱作處理，均對第二期作水稻收量有增產效果（較連作區各增收18及12%）。故第二期作水稻之所以較第一期作低產，除了氣候因子之外，插秧前無適當休閑或輪作致使土壤生產力減低，亦爲不可忽視之因素。

惟第一期作全作期間之休閑雖有如上效果，短期間之休閑，效果却並不明顯；如本試驗表4所示，第二期作插秧前46天之休閑區與未休閑之連作區在收量上並無顯著差異。吳育郎等[6]在竹田和萬巒之試驗結果，亦示30天的休閑較15天者平均僅增收2.5%，而15天的與0天之間則幾無差異。又上述地點第一期作期間之休閑雖有如上效果，但亦有試驗地其效果不明顯者。鄔宏潘、王銀波等[7]曾在南港、淸水和臺中舉辦田間試驗各1處，結果却示第一期作全作期間之休閑對第二期作水稻之收量並無顯著增產效果。本試驗在內埔一處之試驗（未列）亦有相似的結果，可見休閑之效果可能因地而異；如以上田間試驗中休閑效果顯著者（田尾、社頭、美濃）土壤均屬鹼性，反之，休閑效果不顯著者（南港、淸水、臺中、內埔）土壤均屬酸性，惟詳細情形尙待繼續觀察。

又休閑期間土壤水分究應保持何種狀態較爲有利？據 Ponamperuma 氏[8]以五種土壤連續8作（自1967年2月至1969年8月）水稻 drum 試驗，結果指出兩期作中間（各1～3個月不等）將土壤繼續保持湛水狀態（flood fallow）或予晒乾（dry fallow）對於次期作稻穀收量之影響差異甚小，但因前者可以避免大量的氮素損失（據估計32個月內計達（720～920 kg/ha）），故較有利。本報告中的盆栽試驗更示由於較長時間（連續約6個月）的 dry fallow 結果，其重新湛水後的土壤還元異常緩慢，影響磷的有效性以及水稻之生育。吳育郎[6]等之試驗結果亦示第二期作之水稻收量，以第一期作期間旱作者較第一期作期間休閑者略差，（各對連作區增收12及18%）。

有關土壤生產力因連作而低減，而以休閑或輪作等措施可獲恢復的現象，旱作方面報告較多。英國的 Rothamsted 試驗場中有名的 Broadbalk 肥料連作試驗[9]，已有百餘年歷史，其中即設有每栽培小麥四年即予休閑一年的處理，結果顯示小麥產量每四年當中均以休閑後第一年爲最高，並依連作的年數顯著下降，而以第四年爲最低；致此產量起伏的原因，據分析結果，部分可歸因於休閑後地力氮素的增加，另一部分則可歸因於連作結果土壤中 eye-spot fungus (ceresporella herpotrichoides) 病原性黴菌的增加，易導致小麥倒伏。日本青森試驗場[10]，亦有長期試驗比較連作與輪作的效果，結果亦示連作區之小麥、大豆、馬鈴薯、玉米等產量均較輪作者低落，而其原因，經分析結果爲土壤中某種有害線蟲的增加。對於陸稻的連作障害有關研究報告亦多[2][3][4]。雖然不明處仍多，但迄今仍很受人注目。在本省，宿根栽培之甘蔗減產問題亦受重視，並已從土壤化

學[11]及微生物學[12]方面着手研究。

一般認為在湛水狀態下栽培的水稻是最能耐連作的作物。事實上，一般水田已在同一田區連作數百年甚至數千年，然而未聞其因連作而有減產的現象[2][4]。但由本試驗所示若干水田第一期作全作期間之休閑可使第二期作水稻產量增加之事實，亦可了解第一期作收穫後立即繼續栽培第二期作，對於部份水田之「地力」必有不良影響。

休閑之效果可能歸因於（1）土壤經充分風化後，易分解性有機物堆積[13]，致使所謂「地力氮素」(fertility linked soil nitrogen) 增加，其氮素釋放的型式 (release pattern) 並較一般施肥適合於水稻多收的生長條件。（2）稻根殘渣充分的分解，因而避免可能阻礙稻根生長物質之產生。（3）土壤病菌 population 遷移，可避免特定病菌之增加等之因素。

日本有句諺語 "Grow rice with soil, wheat with manure". 實際上水稻從土壤中所吸收的氮素佔其總吸收量達77%之多，餘者才是從肥料中所吸收[13][14]；高收量水田常有較豐富的土壤氮素供應[13][15]。由於此等事實，許多研究者均曾强調其所謂「地力氮素」在水稻生產上的重要性。Koyama 氏等[16]曾在泰國 (Bangkhen) 的雨季以標識的 ^{15}N 肥料探討兩期作水稻對土壤氮和肥料氮吸收的差異，稱第二期作水稻收量之所以較第一期作低產，乃係連作後其氮素地力減退所致。

但本試驗結果表2、3、5及10均示休閑處理區較對照區，無論是土壤中之 NH_4-N 含量或水稻植物體中之全氮含量均無明顯差異，並且其增施氮肥之效應亦不比對照區爲低（表1，2，4，5及6）；休閑處理區水稻較對照區在氮素以外之其他營養要素上亦無顯著的差異（表2，5及10）。凡此種種似均可否認上述休閑處理之增產效果，與地力氮素或土壤中其他營養要素之增加有關。至於對照區之低產是否與稻根殘渣之未能在土壤中充分分解，產生阻礙水稻生長的物質有關？抑或和某種土壤病原菌之增加有關，又休閑之效果是否普遍存在？或有土壤間差異？以上種種雖非實用問題，但預期其解答將可幫助吾人了解所謂「地力」的本質，且可提供二期稻作增產方法研究之線索頗富意義。

參考文獻

（1）連　深 (1976) 中部粘板岩冲積土若干土系之土壤特性與水稻生育、收量之關係　農業研究第25卷第2期。

（2）渡邊敏夫等 (1963) 陸稻の連作障害に關する研究　農事試驗場研究報告第5號。

（3）松村安治、速水和彥 (1964) 陸稻連作障害に關する研究　東海近畿農業試驗場研究報告10號。

（4）西尾道德 (1976) 陸稻の連作障害の原因をめぐつて　化學と生物，Vol. 14, No. 11

（5）臺灣省立中興大學農學院土壤學系 (1969) 彰化縣土壤調查報告。

（6）吳育郎等 (1976) 臺灣中南部二期水稻綜合改進工作年報　高雄區農業改良場。

（7）鄔宏潘等 (1975) 第二期稻作低產原因之探討　科學發展月刊第3卷第10期。

（8）The International Rice Research Institute Annual Report, 1969.

（9）Rothamsted Experimental Station Report for 1968, part 2, p. 1-215 (1969) 摘自高橋英一 (1975) 長期圃場試驗の意義　化學と生物，Vol. 13 No. 12.

(10) 青森縣農業試驗場，藤坂支場 (1971) 畑輪作に關する試驗成績概要，摘自高橋英一 (1975) 同上。

(11) 包敦樸 (1972) 蔗園連續宿根對產量豐歉之影響　臺灣糖業試驗所彙報第58號。

(12) 吳敏慧等 (1975) 連作蔗田毒害甘蔗優勢菌之生理與生態　臺灣糖業研究彙報第68號。

(13) 原田登五郎 (1974) 水田土壤の地力窒素　日本九州大學農學部。

(14) 鈴木新一、坂井弘、出井嘉光 (1968) 水田土壤の肥沃度　日本土壤肥料學雜誌 Vol. 39, No. 1

(15) Houng, K. H. (1976) The role of organic matter in rice production, in "The Fertility of Paddy Soils and Fertilizer Applications for Rice" FFTC, Taipei, Taiwan.

(16) Koyama, T. et al. (1973) Nitrogen application technology for tropical rice as determined by field experiments using ^{15}N tracer technique II. Effect of double-cropping of rice practiced in a rainy season upon the nitrogenous soil fertility of Bangkhen paddy field. Tech. Bull. Tropical Agri. Research Center No. 3

A STUDY ON PRODUCTIVITY OF PADDY SOILS IN RELATION TO CROPPING SYSTEM

1. Effect of fallow on growth and yield of the second rice crop in some slate alluvial soils

Shen Lian

Summary

It has long been known that the yield of many upland crops including upland rice are greatly reduced by the continuous cropping. On the other hand, such a reduction has never been reported in paddy rice which are cultivated under submerged soil conditions.

The generalization, however, was based on the observations done mainly in the temperate region where rice crop is grown only once annually; the interval from harvest to the next planting is usually long (about two thirds of a year), during which period soils are kept fallow or in rotation with upland crops. In the tropical or subtropical regions where rice plants are grown two or three crops a year, a question arises if the yield of a succeeding crop is affected by the soil condition without appropriate period of fallow before planting. In Taiwan, two successive crops of rice are grown on a same paddies every year. The first crop is planted on the paddies which have been under fallow or under upland crops for a period of about 3-4 months, whereas the second crop is planted on the same field soon after the harvest of the first crop. The yield is generally lower in the second crop than in the first crop. Although the difference is mainly attributed to that in climatic conditions in these two seasons, the soil environment in the second crop such as the ill drainage due to rainy season and the absence of fallow before planting are also considered adverse to plant growth in that season.

To clarify the latter point, a field experiment was conducted on two localities of Chang-Hua slate alluvial soil during 1975, where the growth and yield of the second crop rice were compared between the plot which had been under fallow for the period of the first crop and that under the normal double cropping. In 1976, the experiment in one of the localities was continued, where the growth and yield of the second crop rice were compared among the plots which had been fallowed for different periods before planting. In the meantime a pot experiment was also conducted, where the effects of dry and flood fallow were compared. The results were as follows;

1. All the field experiments showed that the plant growth in the second crop was apparently better in the plot which had been fallowed for the period of the first crop than in the normal double cropping plot from soon after the transplanting, resulting in more tillers, numbers of spikelet and finally about 15-20% increase in yield. The effect of fallow for the period of 46 days, however, was not significant.

2. The pot experiment also showed a better plant growth on the soil which had been

fallowed under flooded condition than on that which had not been fallowed (double cropping). Detrimental effect, however, was observed on the soil which had been fallowed under upland condition.

3. The plants with poor growth on the double cropping plot showed no particular symptom than those with better growth on the fallowed plot, except the plant height was shorter and tiller number smaller. The difference in growth between these two plots was not reduced with more application of nitrogen fertilizer. There was also no apparent difference in the concentration of ammonium in the soils or in the contents of various elements in the plants between the two plots during the growth. Thus it seems unlikely that the poor growth on the double cropping plot was due to the decrease of nitrogen fertility or the deficiency of any essential element in the soil after continuous cropping. The growth retardation in the double cropping plot may be due either to the phytotoxic substances produced by the decomposition of crop residues or to the direct injury caused by soil-borne microorganisms and needs studies.

4. It is inferred from the result of this experiment that the causes of low yield in the second crop, among many which have been discussed, may also be partly attributed to the shortness of fallow before planting. However as there seems variation in the effect of fallow among localities, more studies are needed.